Manara University
Faculty of Engineering
Department of IT

Computer Architecture 1

ملاءمة المقاطعة مع المعالج

INTERRUPT INTERFACE OF THE MICPROCESSOR 8086

Lecture 6

Prof Dr. Eng. Mariam M. Saii

ملاءمة المقاطعة مع المعالج 8086

- يتعامل الحاسب مع وحداته الداخلية المكونة له
- يقوم بالعمليات الحسابية والمنطقية
- يتعامل مع مجموعات خارجية للتكم بها أو مراقبتها
- يمكن تلخيص الأحداث التي يتعامل معا الحاسوب سواءً أكانت داخلية أو خارجية كما يلي:
- أحداث متوقعة توقيتها وتسلسلها معروفان
- أحداث متوقعة إلا أن توقيتها وتسلسلها غير معروفين
- أحداث غير متوقعة الحدوث كانقطاع التيار الكهربائي.

ملاءمة المقاطعة مع المعالج 8086

- يتم اكتشاف هذه الأحداث والتعامل معها عن طريق :
  - الاستفسار Polling:عن طريق سؤال دوري لجميع مصادر الأحداث المتوقعة، فإذا طرأ حدث ما يستوجب التعامل معه غيّر الحاسوب سياق تنفيذ العمليات واتجه للاستجابة للحدث حسب البرنامج المبيت.
  - المقاطعة Interrupt:رصد تغيرات الأحداث بشكل فوري عبر إشارات داراتية أو تغيرات داخلية يوكل إلى المعالج اختبار وجودها بعد تنفيذه لكل تعليمة من التعليمات. فإذا تم رصد إحدى هذه التغيرات، يستجيب المعالج لهذا الحدث بعد إتمامه تنفيذ التعليمة مباشرة.

ملاءمة المقاطعة مع المعالج 8086

- وسنقدم في هذا الفصل دراسة المقاطعة الخارجية التي تنجم عن تطبيق إشارة داراتية على مدخل المقاطعة القابلة للحجب INTR أو المقاطعة غير القابلة للحجب NMI.

كيفية استجابة المعالج 8086 للمقاطعة

- يقوم المعالج بنهاية تنفيذ كل تعليمة باختبار وجود طلب مقاطعة.
- عند وجود طلب للمقاطعة فإنه يستجيب بسلسلة الفعاليات التالية:
  - يدفع بمحتوى مسجل الأعلام إلى المكدس بعد مناقصة SP بمقدار 2.
  - يصفر علم المقاطعة في مسجل الأعلام ليزيل فعالية وتأثير المقاطعة التي يمكن أن تفعل عن طريق المدخل INTR.
  - يقوم بتصفير علم المصيدة من مسجل الأعلام.
  - يدفع محتوى CSإلى المكدس بعد مناقصة SP بمقدار 2.
  - يدفع محتوى IP إلى المكدس بعد مناقصة SP بمقدار 2.
  - يقوم بتنفيذ قفزة بعيدة غير مباشرة FAR Jump إلى بداية برنامج خدمة المقاطعة اسم إجرائية خدمة المقاطعة فيما يلي وسنعتبر التعبيرين متكافئين).

أفضليات المقاطعة

- وفقاً لتسلسل الأفضليات يتحدد تسلسل الاستجابة لطلبات المقاطعة.
- فراغ المعالج من تنفيذ كل تعليمة يبدأ بطرح سلسلة من الاستفسارات لتحديد فيما إذا كان هنالك طلب مقاطعة،
  - يسأل أولاً عن المقاطعات الداخلية (باستثناء الخطوة الوحيدة)
  - ثم يتابع استفساره عن المقاطعة غير القابلة للحجب
  - ومن ثم ينتقل للاستفسار عن المقاطعة INTR فإذا كان هنالك طلب لها تابع المعالج الاستفسار عن حالة علم المقاطعة IF
  - ومن ثم يقوم بمتابعة السؤال عن علم المصيدة، فإذا أخذ هذا العلم قيمة الواحد نفذ المعالج إجرائية الخطوة الوحيدة
  - وإلا فإنه سيتابع بتنفيذ التعليمة التالية ليكرر نفس الاستفسارات بعد إتمامها.

تسلسل أفضليات المقاطعات داخليةً

- يتم ترتيب المقاطعات تبعاً لأفضلية الاستجابة لها:
  - خطأ التقسيم Divide Error
  - INT n
  - INTO
  - المقاطعة غير القابلة للحجب NMI
  - المقاطعة INTR
  - مقاطعة الخطوة الوحيدة Single Step
- وبمجرد قيام المعالج بخدمة إحدى المقاطعات يعود لينفذ التعليمة التالية أي أنه لا يكمل عملية الاستفسار.
- إذا وردت عدة طلبات مقاطعة في نفس الوقت يجب على المعالج دراسة تسلسل الأفضليات ومن ثم التنفيذ حسب التسلسل.

تسلسل أفضليات المقاطعات داخليةً

- إذا ورد طلب مقاطعة INTR إلى المعالج أثناء تنفيذ تعليمة قسمة وحصل خطأ قسمة على صفر
- عندها يقوم المعالج بتنفيذ إجرائية خدمة مقاطعة خطا التقسيم حتى نهايتها أولاً
  - (يتم تصفير العلم IFأثناء خدمة المقاطعة)،
  - بعد تنفيذ التعليمة التالية يخدم طلب المقاطعة الوارد من النهاية INTR.

جدول مؤشر عنوان المقاطعة

- يستعمل جدول مؤشر العنوان لربط أرقام أنواع المقاطعة بحجرات روتينات خدمتها في ذاكرة تخزين البرنامج.
- يحتوي جدول مؤشر المقاطعة على 256 مؤشر (شعاع) عنوان.
- مؤشر واحد مقابل كل نوع مقاطعة من 0 وحتى 255،
- مؤشرات العنوان تحدد حجرات البداية لروتينات خدمتها في ذاكرة البرنامج.

جدول مؤشر عنوان المقاطعة

الشعاع 255	003FE	CS_{255}	متاحة للمستخدم
	003FC	IP_{255}	
:	:		
الشعاع 32	00022	CS_{32}	
	00020	IP_{32}	
الشعاع 31	0007E	CS_{31}	محجوزة من قبل الشركة
	0007C	IP_{31}	
:	:		
الشعاع 5	00016	CS_5	
	00014	IP_5	
الشعاع 4	00012	CS_4	مقاطعة خطأ الطفحان
	00010	IP_4	
الشعاع 3	0000E	CS_3	مقاطعة نقطة الانقطاع
	0000C	IP_3	
الشعاع 2	0000A	CS_2	مقاطعة غير محجوبة
	00008	IP_2	
الشعاع 1	00006	CS_1	مقاطعة الخطوة الوحيدة
	00004	IP_1	
الشعاع 0	00002	CS_0	مقاطعة خطأ التقسيم
	00000	IP_0	

تعليمات المقاطعة

- التعليمتان CLI والثانية STI تسمحان بالتأثير على علم المقاطعة للمعالج 8086 برمجياً.
  - تعليمة STI هي من أجل توضع علم تمكين المقاطعة IF.
  - تعليمة CLI (تنظيف علم تمكين المقاطعة) يلغي تمكين المدخل INTR.
- تعليمة المقاطعة البرمجية INT n التي تستخدم لتهيئة شعاع برمجي لمناداة البرنامج الفرعي لروتين خدمة المقاطعة.
  - مثلاً تنفيذ تعليمة INT 50 المعالج يقرأ IP_{50} و CS_{50} من العناوين 000C8 و 000CA H على الترتيب، ثم يولد العنوان الفيزيائي ويبدأ بإحضار التعليمات هذه الحجرة الجديدة في ذاكرة البرنامج.
- تعليمة العودة من المقاطعة (IRET) التي يجب أن تكون موجودة في نهاية كل روتين خدمة مقاطعة. عند تنفيذ تعليمة IRET يتم سحب ثلاث كلمات (IP & CS & flags) من المكدس إلى المسجلات الداخلية للمعالج.

تعليمات المقاطعة

- تعليمة المقاطعة على الطفحان (INTO)التي يجب أن تتواجد بعد التعليمات الرياضية والتي تستطيع توليد حالة الطفحان، مثلا القسمة. تختبر تعليمة INTO علم الطفحان فإذا وجدت OF=1 فإنها تشرع المقاطعة الداخلية للنوع 4(مقاطعة الطفحان). هذا يسبب تحويل التحكم بالبرنامج إلى روتين خدمة المقاطعة المتوضع في عنوان البدء المعرف بواسطة الشعاع IP_4 في 00010 H في 00012 H من جدول المقاطعة.

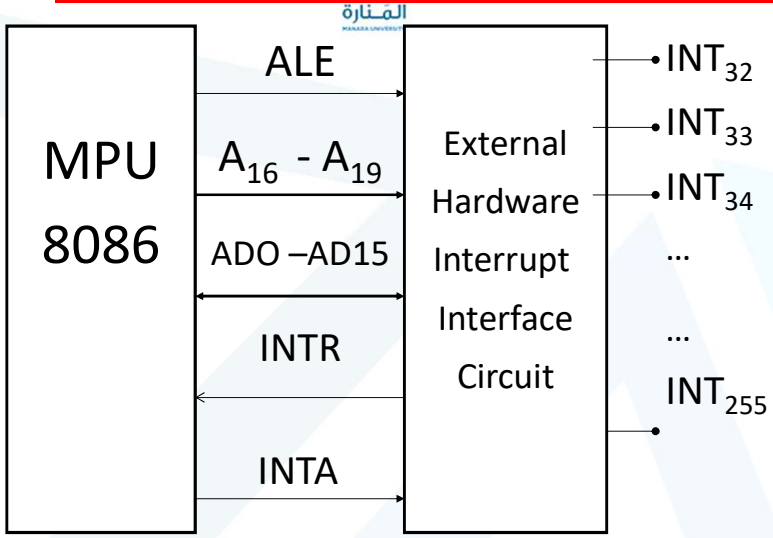
تعليمات المقاطعة

- تعليمتا التوقف (HLT) والانتظار (WAIT)، اللتان تنتجان استجابات متشابهة من قبل المعالج وتسمح لعمل المعالج بالتزامن مع الحادثة في الكيان الخارجي.
  - عند تنفيذ تعليمة HLT فإن المعالج يعلق العمل ويدخل في حالة البطالة Idle state منتظراً حدوث مقاطعة العتاد الخارجية أو مقاطعة التصفير RESET.
  - بحدوث إحدى هاتين الحادثتين فإن المعالج يستأنف تنفيذ روتين الخدمة المطابقة.
- باستخدام تعليمة WAIT فإن المعالج يفحص المستوى المنطقي لمدخل TEST قبل الانتقال إلى حالة البطالة.
  - فقط إذا كان TEST=1 فإن الـ MPU تذهب إلى حالة البطالة. وأثناء حالة البطالة يستمر المعالج بفحص المستوى المنطقي TEST مترقباً تغيره إلى المستوى المنطقي صفر.
  - وعندما يتحول إلى المستوى المنطقي'0' يستأنف التنفيذ في التعليمة التالية من البرنامج.

حجب المقاطعات

- إن خانة علم تمكين المقاطعة IF تؤثر فقط في ملاءمة مقاطعة الكيان الخارجية وليس المقاطعات البرمجية أو الداخلية.
- يستجيب المعالج لمقاطعة الكيان الخارجية الواردة عبر مدخل INTR تبعاً لقيمة IF
  - يستجيب المعالج لطلب المقاطعة إذا كان IF=1
  - يتم حجبها إذا كان IF=0.
- أثناء بدء روتين خدمة المقاطعة يقوم المعالج بجعل IF=0. هذا يمنع حدوث مقاطعة الـ Hardware الخارجي.
- عند الضرورة يمكن جعل إذا كان IF=1 بواسطة تعليمة STI المكتوبة في بداية روتين خدمة المقاطعة لإعادة تمكين مدخل INTR.

ملاءمة مقاطعة الكيان الصلب الخارجي



ملاءمة مقاطعة الكيان الصلب الخارجي

- تتضمن ممر المعطيات/العناوين وخطوط إشارة المقاطعة المحجوزة لها INTR ، INTA
- دارة الملاءمة الخارجية لملاءمة مداخل المقاطعة لمعالج 8086.
- دارة الملاءمة الخارجية هذه يجب أن تعرف أي المقاطعة المنشطة المعلقة لها الأفضلية العليا ومن ثم تمرير رقم نوعها إلى المعالج.
- في هذه الدارة نرى أن إشارات مفتاح ملاءمة المقاطعة هي طلب INTR والمصادقة على المقاطعة INTA.
- إن دخل المستوي المنطقي '1' في خط INTR يجب أن يبقى إلى أن يختبر الـ INTRمن قبل المعالج وإلا فإن الطلب من أجل الخدمة قد لا ينظم.
- المستوى '1' في INTR يجب إزالته قبل إكمال تنفيذ روتين الخدمة، وإلا فإن نفس المقاطعة قد تعرف مرة ثانية.

ملاءمة مقاطعة الكيان الصلب الخارجي

- بعد أن يتم تنظيم طلب المقاطعة من قبل المعالج فإنه يخبر الدارة الخارجية عن هذه الحقيقة بواسطة نبضات بمستوى '0' منطقي على المخرج INTA.
- يوجد نبضتين تنتج في INTA أثناء دورة ممر المصادقة على المقاطعة
  - النبضة الأولى تخبر الدارة الخارجية بأن طلب المقاطعة قد عرف ولتستعد لإرسال رقم نوعها إلى المعالج.
  - النبضة الثانية تخبر الدارة الخارجية لوضع رقم النوع على الممر المعطيات.

ملاءمة مقاطعة الكيان الصلب الخارجي

- الخطوط AD_0 وحتى AD_{15} من ممر العنونة / المعطيات هي جزء من ملاءمة المقاطعة أثناء الدورة الثانية في دورة الممر
- لمعرفة المقاطعة يجب على الدارة الخارجية أن تضع رقم النوع (8 خانات) على خطوط الممر AD_0 وحتى AD_7 .
- يقرأ المعالج هذا الرقم من الممر ليحدد الجهاز الخارجي طالب الخدمة.
- يستعمل رقم النوع لتوليد عنوان شعاع المقاطعة في جدول المؤشرات ولقراءة القيم الجديدة لـ CS وIP إلى المسجلات الداخلية المطابقة.
- إن القيم القديمة CS وIP والأعلام بشكل أوتوماتيكي تدفع إلى جزء المكدس من الذاكرة.
- هذه الكلمات تنقل على كامل ممر المعطيات AD_0 وحتى AD_{15}.

تتابع مقاطعة الكيان الصلب الخارجي

- عندما يطلب جهاز خارجي الخدمة عن طريق تنشيط أحد مداخل المقاطعة INT_{32} - INT_{255} لدارة ملاءمة المقاطعة الخارجية عن طريق تحول المدخل INT n التابع له إلى المستوى المنطقي واحد.
- تقدر الدارة الخارجية الأفضلية لهذا الجهاز (المدخل).
- إذا لم يكن هناك مقاطعة جارية مسبقاً أو إذا كانت هذه المقاطعة هي ذات أفضلية أعلى من تلك المنشطة حالياً فإنه على الدارة الخارجية أن تصدر الطلب من أجل الخدمة للمعالج 8086.
- بفرض أن INT n هو فقط مدخل المقاطعة المنشط. في هذه الحالة تحول الدارة الخارجية المخرج INTR إلى المستوى المنطقي واحد.
- هذا يعلم المعالج أن المقاطعة معلقة من أجل الخدمة. للتأكد من أنه تم تنظيمها فإنه يجب على الدارة الخارجية المحافظة على تنشيط الـ INTR إلى أن ترسل نبضة المصادقة على المقاطعة من قبل المعالج.

تتابع مقاطعة الكيان الصلب الخارجي

- يفحص المعالج المستوى المنطقي في INTR أثناء حالة الساعة الأخيرة للتعليمة الحالية، إذا كان واحد منطقي فإنه يتأكد من توضع العلم IF ،
  - إذا كان IF=0 فإن المقاطعة الخارجية محجوبة ويهمل الطلب. في هذه الحالة يتم تنفيذ التعليمة التالية.
  - إذا كان IF=1 فإن المقاطعات الخارجية مسموحة ويشرع روتين الخدمة.
- بفرض أن IF=1 عندما اختبر INTR وكان في المستوى المنطقي واحد . عندئذ يقوم المعالج بجعل (IF=0). هذا يمنع المقاطعات الخارجية فيما بعد من طلب الخدمة.
- يتم تصفير العلم TF لمنع نمط الخطوة الوحيدة من العمل في حال تنشيطه.
- المعالج يدفع محتويات مسجل الأعلام، IP,CS إلى المكدس.
- يستجيب المعالج بدورتي ممر متعاقبتين للمصادقة على المقاطعة

المقاطعات البرمجية

- المعالج 8086 قادر على تحقيق 252 مقاطعة برمجية وهي تختلف عن مقاطعات العتاد الخارجي بأن روتينات خدمتها تشرع استجابةً لتنفيذ تعليمة المقاطعة البرمجية وليس للحادثة في الكيان الخارجي.
- تستعمل تعليمة INT n لتشريع مقاطعة برمجية
- إن التقنية التي تشرع بها المقاطعة البرمجية مشابهة لتلك التي وصفناها من أجل مقاطعة الكيان الخارجي. باستثناء دورات ممر المصادقة على المقاطعة.
- يتحول التحكم إلى بداية روتين الخدمة مباشرة لإكمال تنفيذ تعليمة المقاطعة.
- يتم حفظ قيم مسجلات الأعلام و CS و IP القديمة في المكدس
- ثم يتم تصفير IF و TF.

المقاطعات البرمجية

- عند الضرورة يمكن حفظ محتويات مسجلات داخلية أخرى في المكدس عن طريق كتابة تعليمة PUSH المناسبة في بداية روتين الخدمة.
- لإعادة تخزين هذه المسجلات يجب تضمين تعليمة POP في السطور الأخيرة من روتين الخدمة.
- أخيرا تضمن تعليمة IRET لإعادة تخزين بيئة البرنامج الأصلي.
- المقاطعات البرمجية هي ذات أفضلية أعلى من المقاطعات الخارجية وهي غير محجوبة بواسطة IF.
- المقاطعات البرمجية هي استدعاء لبرامج فرعية.

المقاطعة غير المحجوبة NMI

- مقاطعة أخرى من المقاطعات التي تشرع من العتاد الخارجي. وتختلف عنها بعدة أشياء:
  - لا يمكن حجبها بواسطة العلم IF.
  - تعلم الطلبات من أجل خدمة هذه المقاطعة عن طريق المدخل NMI. في المستوى المنطقي' 1 ' للمعالج و ليس المدخل INTR.
- إذا كانت محتويات لاقط NMI مأخوذة كتنشيط من أجل دورتي ساعة متعاقبتين فانه يتم تنظيم هذه المقاطعة و يشرع تتابع مقاطعة غير محجوبة.
- إن تشريع NMI يسبب دفع المحتويات الحالية لمسجل الأعلام، CS، IP إلى المكدس.
- يتم تصفير علم IF و TF لمنع جميع مقاطعات العتاد الخارجي ولإلغاء عمل النمط وحيد الخطوة للمعالج.

المقاطعة غير المحجوبة NMI

- تملك NMI مستوى أفضلية خاص. هو الشعاع ذي الرقم 2 في جدول المؤشر.
- هذا الشعاع مخزن في الذاكرة في العناوين 0008 H و000AH.
- NMI مخصصة للحوادث التي يجب الاستجابة إليها فورا مثل كشف انقطاع التغذية و كشف خطأ قراءة الذاكرة.

مقاطعة التصفير RESET

- مدخل مقاطعة التصفير RESET (التحفيز) للمعالج8086 يزود وسيلة من أجل إقلاع 8086.
- يجب أن يكون هذا المدخل RESET في حالةHigh على الأقل 4 فترات ساعة من اجل إقراره،
- باستثناء بداية التشغيل فيتطلب نبضة تصفير 50µSec. عندها يوقف المعالج العمل و يضع ممره في حالة ممانعة عالية وتتحول إشارات التحكم إلى الحالة غير الفعالة،
- ويبقى المعالج في هذه الحالة إلى أن ينتقل المدخل RESET إلى الصفر المنطقي.

مقاطعة التصفير RESET

- يشرع المعالج بروتين البدء الداخلي عندما يكون المدخل RESET في المستوى صفر منطقي، حيث تصفر جميع الأعلام ويصبح IP=0000 H, CS=FFFF H, DS=0000 H, SS=0000H, ES=0000 H ويفرغ رتل التعليمات.
- بما أن تصفير الأعلام هو جزء من روتين البدء فإن مقاطعات الكيان الخارجية تكون غير ممكنة.
- بالإضافة إلى ذلك فإن مسجل مقطع الشيفرة يتضمن FFFF H ومؤشر التعليمة 0000 H، لذلك بعد التصفير يبدأ التنفيذ من العنوان FFFF0 H . هذه الحجرة تستطيع أن تحتوي التعليمة التي سوف تسبب القفز إلى بداية البرنامج المستعمل لبدء بقية مصادر النظام مثل منافذ I/O، علم المقاطعة وذاكرة المعطيات. بعد اكتمال بدء النظام فإنه يمكن أن ينجز قفزاً آخر إلى نقطة البدء لبرنامج تطبيق الميكروكمبيوتر.

وظائف المقاطعة الداخلية

- ذكرنا سابقاً بأن أربعاً من 256 مقاطعة للمعالج 8086 مخصصة لوظائف داخلية:
  - خطأ التقسيم،
  - خطأ الطفحان،
  - الخطوة الوحيدة،
  - ونقطة الانقطاع.
- هذه المقاطعة تملك أرقام نوع ذات الأفضلية العليا.
- هذه المقاطعات غير محجوبة بواسطة علم تمكين المقاطعة IF .
- ظهور أي من هذه الحالات الداخلية يتم اكتشافه آلياً من قبل المعالج، ويتسبب في مقاطعة تنفيذ البرنامج ونقل التحكم شعاعياً إلى روتين الخدمة المناسب.
- أثناء تتابع نقل التحكم لا تنتج دورات ممر خارجي.

خطأ التقسيم

- تمثل وظيفة خطأ التقسيم حالة الخطأ التي يمكن أن تحدث في تنفيذ تعليمات القسمة.
- يحصل خطأ التقسيم إذا كان حاصل القسمة الناتج من تعليمة DIV و IDIV أكبر من الهدف المعين.
- هذه الحالة تسبب بدءاً آلياً للمقاطعة ذات النوع 0 وتمرر التحكم إلى روتين الخدمة الذي يبدأ بالنقطة المعرفة بواسطة قيم CS_0 و IP_0 في العناوين 0002 H و0000 H على الترتيب في جدول.
- كما يمكن استخدام هذه المقاطعة في حالة القسمة على صفر.

خطأ الطفحان

- حالة مشابهة لحالة خطأ التقسيم،
- ولكن هذه الحالة يمكن أن تنتج عن تنفيذ أي تعليمة رياضية.
- حالما يحدث الطفحان فإنه يتم توضيع علم الطفحان،
- في هذه الحالة يتم نقل التحكم بالبرنامج إلى روتين الخدمة غير أوتوماتيكياً. بدلاً من ذلك فإنه يجب تنفيذ تعليمة المقاطعة على الطفحان INTO لفحص حالة OF=1.
- شعاع هذه المقاطعة يتألف من IP_4 و CS_4 المخزنة في العناوين 0010 H و 012 H على الترتيب في جدول المؤشر.
- إن الروتين المشار إليه بواسطة هذا الشعاع يمكن كتابته لخدمة حالة الطفحان.
- على سبيل المثال، يمكن أن يسبب إظهار رسالة للدلالة على حدوث الطفحان.

الخطوة الوحيدة

- إذا كان TF=1 فإن نمط الخطوة الوحيدة للعمل يكون ممكناً.
- هذا العلم يمكن توضيعه أو إعادة توضيعه برمجياً.
- إذا كان TF=1 فإن المعالج يشرع المقاطعة ذات النوع 1 لروتين الخدمة المعرف بواسطة IP_1 و CS_1 المخزنة في العناوين 0004 H و 0006 H على الترتيب في جدول المؤشر. لإنجاز تنفيذ كل تعليمة على حدة مما يسمح بتحقيق نمط الخطوة الوحيدة للعمل،
- على سبيل المثال قد يتضمن روتين الخدمة تعليمة WAIT. بهذه الطريقة فإن الانتقال إلى المنطق صفر في المدخل TEST للمعالج سوف يستعمل كتقنية من أجل التدرج عبر البرنامج تعليمة واحدة في كل مرة.

مقاطعة نقطة الانقطاع (HLT أو WAIT)

- إن وظيفة نقطة الانقطاع يمكن استعمالها أيضاً كأداة تشخيص برمجي.
- تشرع مقاطعة نقطة الانقطاع بواسطة تنفيذ تعليمة نقطة الانقطاع (تعليمة ذات بايت واحد).
- يمكن أن تدخل هذه التعليمة في النقاط الاستراتيجية في البرنامج المراد تصحيح أخطائه لتسبب إيقاف التنفيذ.
- يمكن استعمال هذا الخيار بطريقة مشابهة لحالة الخطوة الوحيدة.
- إن روتين الخدمة سيضع المعالج في حالة انتظار ويمكن تشريع استئناف التنفيذ حتى نقطة الانقطاع التالية عن طريق تطبيق المنطق '0' على المدخل TEST.